E/CONF.39/A/96
10 Oct.1962
ORIGINAL : ESPAÑOL

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS
SOBRE LA APLICACION DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA
EN BENEFICIO DE LAS REGIONES MENOS DESARROLLADAS

Punto del programa : A.3.3.1

Chile

CONTRIBUCION DE LA CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION AL DESARROLLO DEL AGUA SUBTERRANEA EN CHILE

Por Jaime DONOSO,
Ingeniero Civil,
Jefe de la Sección de Aguas Subterráneas
de la Corporación de Fomento de la Producción

y Robert J. DINGMAN y William W. DOYEL,
Geólogos del "United States Geological Survey"

Las monografías presentadas en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología en Beneficio de las Regiones Menos Desarrolladas constituyen documentos de trabajo de dicha Conferencia. Se publican tal como han sido presentadadas por los colaboradores y los puntos de vista expresados en ellas corresponden a los colaboradores. (Vease nota al dorso.)

NOTAS

1. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Generales serán distribuidas en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

2. Las monografías seleccionadas para las Sesiones Especiales serán distribuidas en la Conferencia únicamente en uno de los idiomas oficiales antes indicados.

3. Los resúmenes de las monografías presentadas por los colaboradores serán distribuidos en la Conferencia en los siguientes idiomas oficiales de las Naciones Unidas: español, francés, inglés y ruso.

4. No se procederá a la distribución general de las monografías y resúmenes con antelación a la Conferencia. Unicamente serán publicadas en cantidades limitadas con antelación a la Conferencia para uso exclusivo de las delegaciones de los gobiernos participantes y de otros participantes autorizados. La publicación con posterioridad a la Conferencia y la distribución general de las actas y debates de la Conferencia seguirán las prácticas de las Naciones Unidas establecidas por la Junta de Publicaciones de las Naciones Unidas.

CONTRIBUCION DE LA CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION AL DESARROLLO DEL AGUA SUBTERRANEA EN CHILE

por Jaime Donoso

Ingeniero Civil, Jefe de la Sección de Aguas Subterráneas
de la Corporación de Fomento de la Producción y
Robert J. Dingman y William J. Doyel
Geólogos del United States Geological Survey

TEXTO

1.- Antecedentes generales.

Con una superficie de 742.000 Kms2, excluído en territorio antártico, Chile se extiende desde los 17°12' a los 56°32' de latitud sur, entre el Océano Pacífico y la Cordillera de los Andes, con una longitud de 4.300 Kms. y un ancho medio de 188 Kms. (Fig.I).

Su gran variedad de clima que va desde el árido desierto del Norte hasta el riguroso del sur queda demostrado en el siguiente cuadro de distribución anual promedio de precipitaciones.

Localidad	precipitación en mms.	Localidad	precipitación en mms.
Arica	0	Talca	742
Antofagasta	0	Chillán	1033
Calama	0	Los Angeles	1285
Copiapó	28	Temuco	1345
La Serena	110	Osorno	1330
Illapel	215	Puerto Montt	1960
Los Andes	304	Aysen	2868
Santiago	360	Punta Arenas	436

Esta diferencia de clima permite dividir el país en las siguientes zonas geográficas:

Zona geográfica	Superficie zona	Latitud
Norte Grande	178.000 Kms2	18° - 26°
Norte Chico	120.000 Kms2	26° - 32°
Chile Central	147.000 Kms2	32° - 39°
Sur Chico	72.000 Kms2	39° - 45°

Zona geográfica	Superficie zona	Latitud
Sur Grande	225.000 Kms2	45° - 56°

Esta división corresponde también a una clasificación hidrológica de las regiones en cuanto a los períodos de riego necesarios para la producción agrícola, en conformidad al siguiente detalle:

Zona	Períodos de riego (anual)
Norte Grande	Todo el año
Norte Chico	10 meses
Chile Central	9 meses al Norte y 4 meses al Sur
Sur Chico	1 a 2 meses
Sur Grande	No se necesita

De una superficie de 74 millones de Hás., 22 millones no son aptas para la agricultura, 21 millones están cubiertas de bosques y de las 31 millones restantes, sólo 11 millones de Hás. pueden considerarse superficie cultivable, de las cuales 7 millones de Hás. necesitan riego.

Actualmente se cultivan 6.8 millones de Hás. de suelos agrícolas de los cuales cuentan con riego 1.4 millones de Hás.

El Plan Nacional de Desarrollo Económico de Chile para el Decenio 1961-1970, consulta un aumento de 400.000 Hás. de riego y un mejoramiento en sus actuales condiciones de regadío de 600.000 Hás.

La Minería y especialmente la Industria continúan creciendo a un ritmo seguro y las necesidades de agua irán en aumento, especialmente por el hecho que muchas de ellas serán grandes consumidoras de agua (fábricas de celulosa, papel, azúcar de remolacha, productos químicos, ampliación de las refinerías de petróleo y acero).

Finalmente si estudiamos el crecimiento demográfico de Chile tenemos el siguiente cuadro:

Año	Población	Porcentaje anual de crecimiento
1885	2.492.000	1.16%
1907	3.213.000	1.34
1930	4.365.000	1.68
1952	6.295.000	2.50
1957	7.121.000	2.20

Esto demuestra las repercusiones que en materia de suministro de agua, necesidades alimenticias, demanda de energía y crecimiento industrial, tendrá esta tasa de crecimiento que supondremos se mantendrá en un 2.2% anual.

Para todas estas necesidades, el país ha utilizado fundamentalmente sus recursos de aguas superficiales, los que, en muchas regiones, no son suficientes para las actuales necesidades en los diferentes campos económicos.

Es por esto que se ha necesitado ir a la búsqueda, estudio y aprovechamiento de las aguas subterráneas que escurren en las diferentes hoyas hidrográficas del país.

2.- El desarrollo del agua subterránea.

Ya en el siglo pasado, en la desértica zona norte, se construyeron innumerables piques a mano destinados a obtener agua principalmente para el abastecimiento de Oficinas Salitreras cuya explotación intensiva se mantuvo hasta la pasada primera guerra mundial.

De acuerdo a registros especiales, en 1920 existían en la Pampa del Tamarugal alrededor de 130 piques a mano de profundidades desde 2 hasta 80 metros que abastecían 71 oficinas salitreras, con un gasto en conjunto de 150 lts/seg.

Las primeras perforaciones hechas en el país utilizando máquinas especiales fueron ejecutadas por el Ministerio de Obras Públicas a través de sus Direcciones de Riego y Obras Sanitarias, organismos que realizaban estas obras ya sea con fines de ubicación de nuevos recursos de agua, especialmente en la zona Norte del país, como para abastecer de agua potable a algunas ciudades y poblaciones.

Sin embargo, hasta 1945 esas investigaciones habían sido esporádicas dentro del territorio chileno. En ese año la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) acordó en principio la creación de la Sección Aguas Subterráneas, para lo cual solicitó al Gobierno de los E.E.U.U. la venida al país de una Misión de Trabajo que permitiera conocer bajo el punto de vista hidrogeológico, las zonas más favorables del país con el fin de orientar los sondajes futuros. En Mayo de 1946 llegó a Chile la Misión Taylor integrada por los Sres. George C. Taylor y Spencer Nye del USGS. El trabajo de reconocimiento fué completado en 1948 y la enorme cantidad de información acumulada que comprende fundamentalmente la zona Arica-Santiago, fué publicada posteriormente por la Corfo.

Posteriormente en 1955, Chile firmó un Convenio con el Gobierno de EE.UU. para tener asistencia técnica en el campo de las aguas subterráneas. Fruto de este Acuerdo fué la llegada al país de un grupo de hidrogeólogos del USGS que desde esa fecha hasta el momento están trabajando en esta especialidad en conjunto con diversos geólogos chilenos en la Sub-sección de Agua Subterránea del Instituto de Investigaciones Geológicas organismo creado en 1958 por Corfo y el Departamento del Cobre. Los estudios científicos que allí se realizan se desarrollan en estrecha relación con la labor que realiza la Sección Aguas Subterráneas de Corfo.

3.- Labor realizada por Corfo.

Finalizada la etapa de reconocimiento efectuada por la Misión Taylor en 1948, Corfo adquirió la primera de sus máquinas perforadoras del tipo a percusión.

En la actualidad se cuenta con 17 equipos perforadores, 16 de ellos a percusión y uno del sistema combinado percusión-rotación.

Las características especiales del relleno del subsuelo en la gran mayoría de los valles de las regiones del Norte Chico, Valle Central y Sur Chico, regiones en las cuales se han contruído la mayoría de los pozos ejecutados, hace necesario el empleo del sistema de perforación a percusión, razón por la que Corfo había utilizado hasta la fecha solo maquinaria de este tipo.

El mayor conocimiento de algunas regiones en la Zona Norte y parte de la zona Sur de nuestro territorio han hecho ver la conveniencia de utilizar en determinados sectores, el sistema a rotación por lo que se ha incorporado últimamente un equipo de combinación que permite tener avances más eficientes.

Como política general, se ha tratado que la gran mayoría de las perforaciones que se realicen con fines de estudio puedan tener posteriormente un aprovechamiento inmediato. De esa manera se ha conseguido, además de obtener el máximo de información que arroja cada perforación, que ésta pueda servir para satisfacer usos agrícolas, industriales o de agua potable.

En trece años de labor, hasta Enero de 1962, Corfo ha completado la ejecución de 387 perforaciones conforme a la siguiente distribución de acuerdo al uso del agua.

Uso del agua	N° de pozos construídos	Rendimiento en lts/seg	Total de metros perforados
Agrícola	207	15.656	16.697,96
Industrial	68	3.827	4.522,34
Agua Potable	27	1.440	1.884,91
Reconocimiento	85	648	5.655,91
T O T A L E S	387	21.571	28.761,12

Las perforaciones han dado como resultados más significativos, además de la información obtenida, los siguientes:

1) La incorporación potencial de una nueva superficie de riego de 20.000 Hás.
2) La solución de los problemas de abastecimiento de agua a 68 industrias.
3) El abastecimiento de agua potable a una población estimada de 300.000 personas.

En la Fig. II se muestra la distribución anual y los rendimientos de las obras ejecutadas en los 13 años mencionados.

4.- Algunos resultados hidrogeológicos de los estudios realizados.

Los programas exploratorios efectuados en Chile, con el objeto de obtener información sobre las posibilidades de aguas subterráneas, han permitido llegar a un conocimiento general en esta materia. Gran parte de las áreas pueden ser clasificadas desde este punto de vista como de buenas, regulares o malas.

Los valles cuyas hoyas hidrográficas incluyen áreas con lluvias o nevazones anuales, tales como el Altiplano del Norte, o la zona pre-cordillerana sur, generalmente producen agua de los depósitos recientes de arena y ripio que forman el relleno parcial de los valles.

En el Norte de Chile las formaciones geológicas circundantes generalmente no transmiten ni contienen agua, quedando las zonas de recarga limitadas sólo a los valles mismos.

El conocimiento de las fuentes de aguas subterráneas se transforma entonces en un estudio del régimen total de aguas a saber: El flujo superficial, el escurrimiento subterráneo y las interrelaciones entre ambos; la evapotranspiración y la recarga producida por la filtración de agua de regadío.

Se está efectuando un estudio en el valle de Copiapó que es típico entre los valles del norte. (Fig.I). Se han perforado pozos de estudio para determinar las propiedades hidrológicas de los acuíferos. Se han hecho investigaciones, que incluyen pruebas de drenaje, para determinar las pérdidas y recuperaciones de los ríos a lo largo de su curso; también el volumen de recarga debido al agua de

regadío ha sido objeto de un estudio, lo que ha permitido una planificación científica de la totalidad de los recursos hidrológicos. Estas experiencias son naturalmente ejecutadas en forma paralela con los cambios que se efectúan tanto en los cultivos como en los métodos de riego de tal modo de asegurar una utilización racional de las aguas.

Un estudio similar se está llevando a cabo en el valle de Azapa, en el extremo norte de Chile (Fig.I), habiéndose además efectuado perforaciones exploratorias en la terraza Pleistocénica que se extiende al norte de la desembocadura del valle de Azapa. Se ha encontrado agua subterránea con características artesianas en estos depósitos y mediante métodos geológicos e hidrológicos se está actualmente tratando de determinar la procedencia y el posible volumen de recarga. El futuro desarrollo de la ciudad de Arica depende hasta cierto punto del resultado de estos estudios.

Otra fuente de aguas subterráneas en el Norte de Chile, y en diversas zonas del resto del país, son los depósitos de terciario superior y cuaternario en las cuencas grandes que contienen estratos de materiales finos y gruesos que son resultado de una sedimentación aluvial en el Norte y glacial en el Sur.

Se descubrió agua subterránea surgente como resultado de un programa exploratorio llevado a cabo en el Salar de Atacama, un gran valle al sureste de Calama (Fig.I). Esta representa una fuente enteramente nueva de agua para esa zona como asímismo representa las posibilidades de un desarrollo adicional, ya que durante algunos cientos de años se utilizó el agua superficial que es muy limitada alrededor del paralelo de San Pedro de Atacama, como único sistema de regadío.

La zona de Chillán en el valle Central (Fig.I) contiene por lo menos 300 metros de depósitos de orígen fluvio-glacial. En la actualidad se usa un sistema de canales para conducir el agua de riego que se usa en la seca temporada de verano; estos canales y algunas norias proporcionan también el agua para uso doméstico.

Como resultado de un programa de perforaciones exploratorias y de investigaciones geológicas, se encontró agua subterránea artesiana que en la actualidad se utiliza como una fuente adicional de riego la cual ha incrementado la productividad de esa zona.

En la zona de San Carlos, 30 kilómetros al norte de Chillán se encontró agua subterránea surgente, entre las cuales existe un pozo que produce un gasto permanente de 65 lts/seg.

Santiago con una población aproximada de 2 millones de habitantes está utilizando tanto el agua superficial como la subterránea. El agua superficial se trae en gran parte desde la Cordillera por medio de tuberías; debido al incremento tanto de la población como de sectores industriales la demanda de agua subterránea ha ido en aumento.

Con anterioridad a 1956 ningún estudio se había hecho con respecto a la fuente de agua subterránea en esta zona, como tampoco se había recolectado informaciones básicas. Con posterioridad a esta fecha el Instituto de Investigaciones Geológicas ha estado obteniendo datos que incluyen la cifra de 3.18 m3/s como consumo de agua subterránea en la zona y una declinación del nivel estático del agua de 1 mt/año en las áreas de mayor extracción.

Será ahora posible proponer un desarrollo y uso más racional del agua subterránea en la zona.

La Corfo está ahora llevando a cabo un programa de perforaciones exploratorias para determinar la profundidad del lecho rocoso del valle central en Santiago, información que no sólo es de valor en lo que a aguas subterráneas se refiere, sino que también proporcionará un mejor conocimiento de la estructura y profundidad del valle central en toda su extensión.

5.- Labor actual y orientación futura.

La necesidad de poder contar los mayores antecedentes posibles de los recursos de aguas subterráneas que hoy se explotan en el territorio ha hecho que Corfo en conjunto con el Instituto de Investigaciones Geológicas haya efectuado una recopilación de todos los pozos construídos en Chile, ya sea por organismos fiscales como por empresas particulares. De este modo se han ubicado en mosaicos de fotos aéreas de nuestro territorio alrededor de 1.400 pozos profundos, que constituyen la mayoría de los trabajos realizados y que permitirán conocer las zonas de mayor explotación de estos recursos.

Junto a esto, Corfo está efectuando estudios de cada hoya hidrográfica del territorio, en los cuales además de conocer las posibilidades que cada zona presenta para un futuro desarrollo de las aguas subterráneas, se están analizando las necesidades que cada región presenta tanto en el aspecto agrícola como en el industrial, minero y de abastecimiento de poblaciones. Así, se podrá planificar los futuros trabajos que se desarrollen en esta especialidad, otorgándose las necesarias prioridades a los diferentes proyectos.

Uno de los factores que más importancia ha dado Corfo al desarrollar esta especialidad, es la preparación de personal técnico competente para el uso de las diferentes maquinarias. Con este fin, todos los años se realizan cursos especiales de formación de operarios que ha permitido ir mejorando la eficiencia en los trabajos de esta nueva especialización.

Como ya se ha manifestado, Corfo ha dedicado gran parte de su trabajo a la exploración en áreas desconocidas bajo el aspecto de aguas subterráneas. En algunas de estas áreas los resultados favorables han creado un interés en los habitantes en la demanda de nuevos pozos que son construídos por compañías privadas de perforación, creadas en los últimos años.

De esta manera la Corporación de Fomento está contribuyendo al estudio y aprovechamiento de estos recursos naturales, indispensables para el desarrollo de gran parte de la economía de este país.

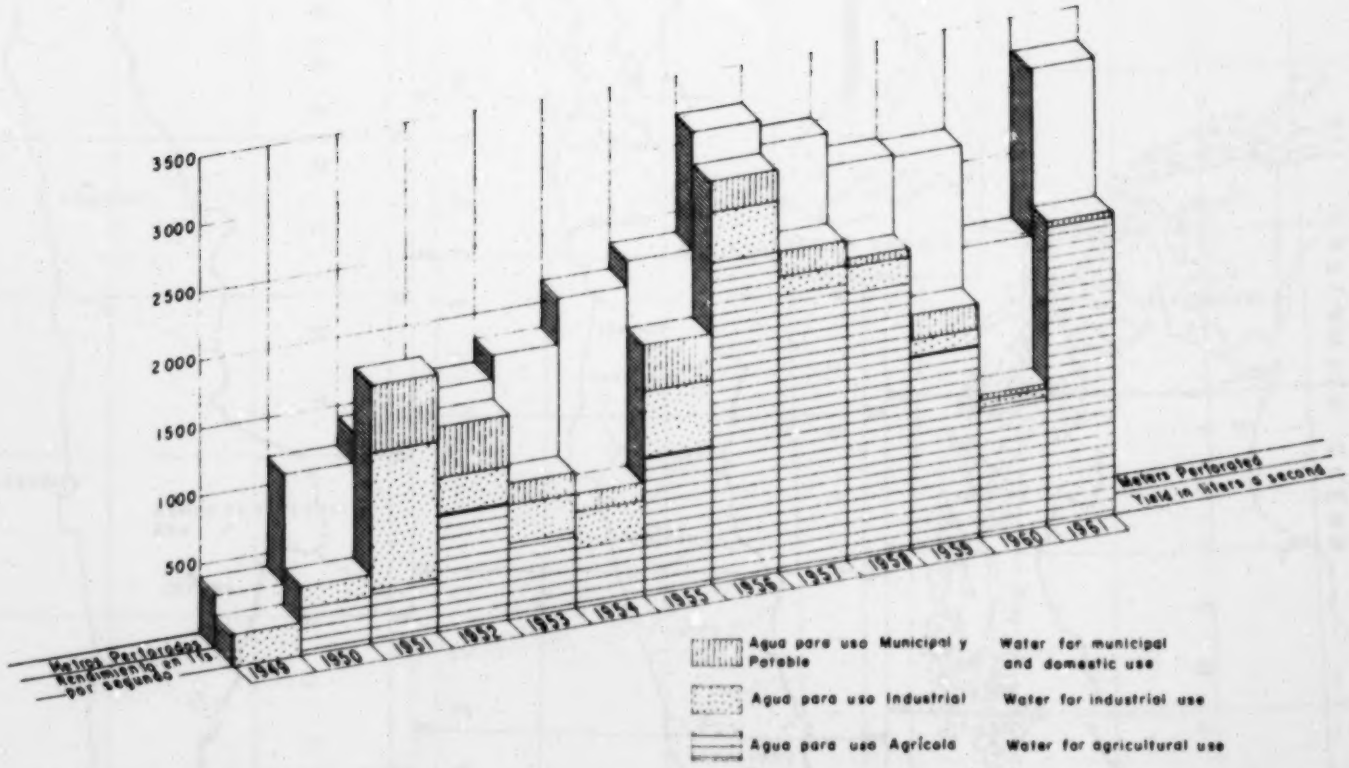

Fig. II.— Metros perforados y litros por segundo de agua subterránea obtenida para uso Agrícola, Industrial y Municipal en los años comprendidos en el período 1949–1961

Meters perforated and yield in liters a second of ground water for agricultural, industrial and municipal use obtained during the period 1949–1961

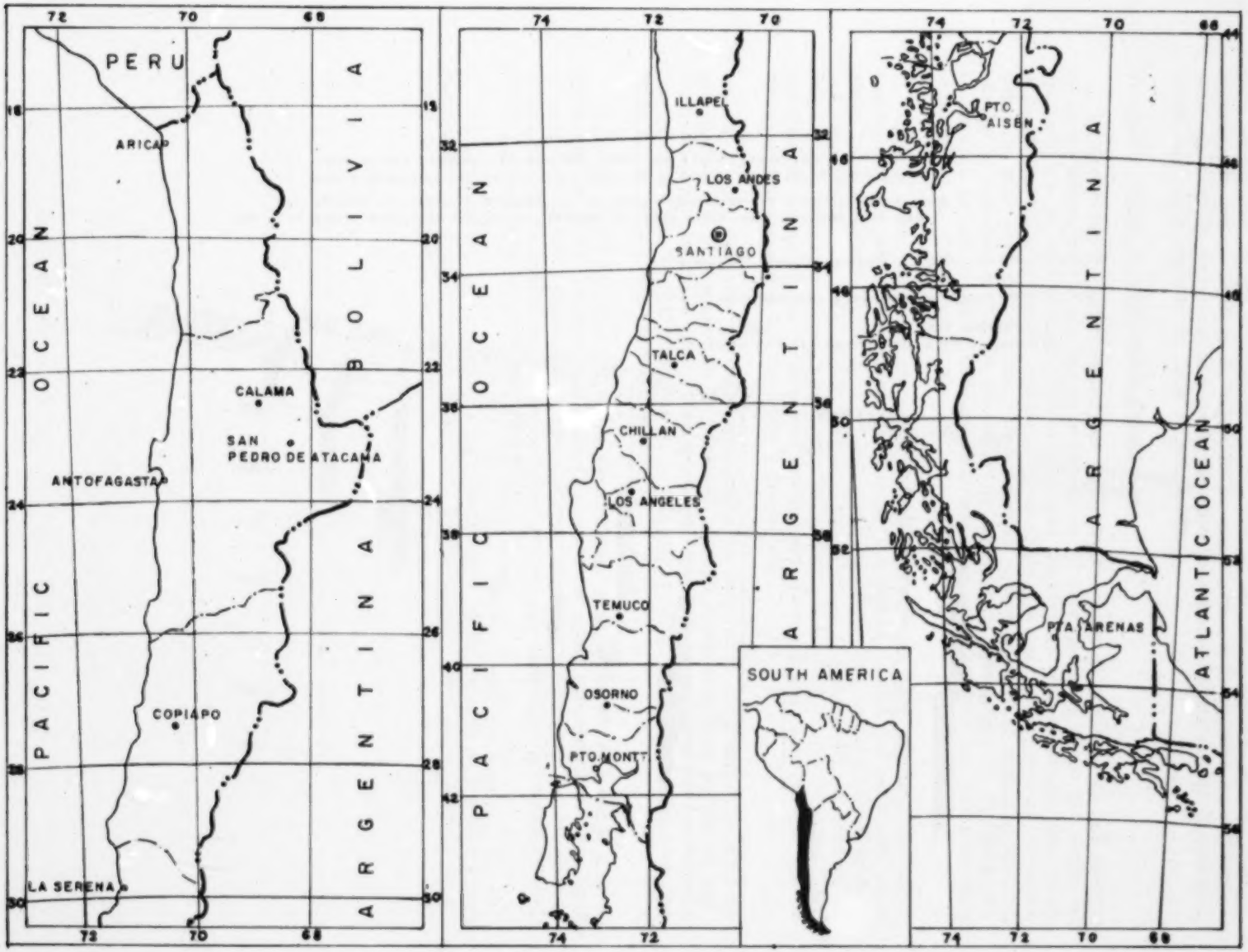

Figure I.— Index map of Chile
Mapa indice de Chile

814 S - Oct.1962 - 600